

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-275600

(43)Date of publication of application : 25.09.2002

(51)Int.Cl.

C22C 38/00
B22F 1/00
B22F 3/10
C22C 33/02
C22C 38/18
C22C 38/28
H01F 1/20
H01F 1/22

(21)Application number : 2001-081300

(71)Applicant : HITACHI POWDERED METALS CO LTD
SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 21.03.2001

(72)Inventor : ASAKA KAZUO
ISHIHARA CHISE
KATO KANEYUKI
NAKABAYASHI OKIE
WATANABE ATSUSHI

(54) RAW MATERIAL POWDER FOR SINTERED SOFT MAGNETIC STAINLESS STEEL AND PRODUCTION METHOD FOR THE SINTERED SOFT MAGNETIC STAINLESS STEEL USING THE POWDER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide raw material powder as the raw material for sintered soft magnetic stainless steel which has improved compressive moldability, corrosion resistance and magnetic properties, and to produce sintered soft magnetic stainless steel which is more excellent than the conventional one.

SOLUTION: In the raw material powder for sintered soft magnetic stainless steel, soft magnetic stainless steel fine powder which contains, by mass, 7 to 15% Cr and 1 to 4% Si and does not contain Al is granulated into the granulated powder having the average grain size of 10 to 150 μm .

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel characterized by what the soft magnetism stainless steel impalpable powder which does not contain aluminum is corned with a mass ratio while containing Cr:7-15% and Si:1-4%, and mean particle diameter has become the granulation powder which is 10-150 micrometers.

[Claim 2] Raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel characterized by what soft magnetism stainless steel impalpable powder according to claim 1, Si impalpable powder, or Si content corns mixed powder with 10% or more of Fe-Si impalpable powder with a mass ratio, and the amount of Si of said granulation powder exceeds 1 mass %, and has become below 6.5 mass % while being the granulation powder whose mean particle diameter is 10-150 micrometers.

[Claim 3] Raw material powder for soft magnetism stainless steel according to claim 1 or 2 with which said soft magnetism stainless steel impalpable powder contains at least one or more sorts in less than [Ti:0.5%] and less than [Nb:0.5%] less than [Mo:2.0%] and S:0.1% or less with a mass ratio further.

[Claim 4] Raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel given in any of claims 1-3 whose amounts of Cr(s) of said soft magnetism stainless steel impalpable powder are 7.0 - 11.5% in a mass ratio they are.

[Claim 5] The manufacture approach of the sintering soft-magnetism stainless steel characterized by to mix shaping lubricant to raw material powder, to throw in this mixture in metal mold, to sinter in reducing atmosphere or a vacuum as said raw material powder using the raw material powder for sintering soft-magnetism stainless steel given in any of claims 1-4 they are in the manufacture approach of the sintering soft-magnetism stainless steel which sinters the green compact obtained by carrying out compacting by vertical punch, and to make a density ratio 90% or more.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the raw material powder for soft magnetism stainless steel used for the electromagnetic component which has corrosion resistance, such as an electronic fuel injection valve for automobiles, and this SUTERENSU steel.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, by making strengthening, fuel efficiency, etc. of the emission control of an automobile into a background, equipments, such as a fuel injection valve by the electronics control of an automobile engine, replace the conventional carburetor, and are lengthening the rate of wearing. Moreover, the magnetic parts which need corrosion resistance, such as an ABS sensor and a torque sensor, have also been developing need.

[0003] The soft magnetism stainless steel of a chromium system is mainly used, and it is manufactured by the mechanical-molding approaches, such as plastic working and cutting, as corrosion resistance and magnetic properties become important as electromagnetic components, such as the above mentioned fuel injection valve, and it is indicated by JP,5-10419,B etc. However, electromagnetic components, such as an electronic fuel injection valve for automobiles, have a complicated part shape, and since precision is severe, they have the problem with difficult coexistence of machinability, and corrosion resistance and magnetic properties that both conversion costs become high.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to solve these problems, in JP,6-2077,A etc., the manufacture approach by the powder metallurgy using stainless steel powder is proposed. However, stainless steel powder has bad compressibility, and since sintered density is low, corrosion resistance and magnetic properties worsen. Moreover, although the powdered degree of sintering is so good that a powdered grain size is small, a fluidity is bad, and bridging tends to happen at the time of mold restoration, and especially, when a part shape is complicated, there are a problem to which that homogeneity restoration is also difficult laps and the dimensional accuracy of a sinter worsens, and a problem to which powder enters the clearance between metal mold, and damages metal mold, and a mold life becomes short.

[0005]

[Means for Solving the Problem] As a result of canceling the above-mentioned technical problem how or coming examination in piles, the presentation configuration of the raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel, and by carrying out granulation, this invention persons reached the corroboration that the above-mentioned technical problem is cancelable, and completed this invention. The main point of this invention reduces the amount of Cr(s) in the limit where corrosion resistance is maintained, as a presentation of the soft magnetism stainless steel impalpable powder excellent in magnetic properties, abolishes content of aluminum, carries out it to the configuration which made the quantity of the amount of Si increase for the improvement in magnetic properties, and is to use as granulation powder further.

[0006] The manufacture approach by which invention of claims 1 and 2 used the basic configuration of the raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel, and invention of claim 5 used

it is specified. That is, the raw material powder of claim 1 is a mass ratio, and is characterized by coming the soft magnetism stainless steel impalpable powder which does not contain aluminum, while containing Cr:7-15% (preferably seven to Cr:11.5 mass %), and Si:1-4%, and mean particle diameter having become the granulation powder which is 10-150 micrometers. It is characterized by for said soft magnetism stainless steel impalpable powder, Si impalpable powder, or Si content coming mixed powder with 10% or more of Fe-Si impalpable powder with a mass ratio, for the amount of Si of said granulation powder exceeding 1 mass %, while being the granulation powder whose mean particle diameter is 10-150 micrometers, and the raw material powder of claim 2 having become below 6.5 mass %.

[0007] Claims 3 and 4 specify the details of the above mentioned soft magnetism stainless steel impalpable powder. Soft magnetism stainless steel impalpable powder is a mass ratio further, and claim 3 is a configuration containing at least one or more sorts in less than [Ti:0.5%] and less than [Nb:0.5%] less than [Mo:2.0%] and S:0.1% or less. Claim 4 is the configuration that the amount of Cr(s) of said soft magnetism stainless steel impalpable powder is a mass ratio, and consists of 7.0 - 11.5%.

[0008] Claim 5 is characterized by to mix shaping lubricant to raw material powder, to throw in this mixture in metal mold, to sinter in reducing atmosphere or a vacuum as said raw material powder using the raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel given in any of claims 1-4 they are in the manufacture approach of the sintering soft magnetism stainless steel which sinters the green compact obtained by carrying out compacting by vertical punch, and to make a density ratio 90% or more.

[0009] (Configuration explanation) Next, it explains to a detail including the basis of numerical limitation of the raw material powder configuration for sintering soft magnetism stainless steel of the above this invention.

[0010] Although Cr in raw material powder (chromium) is indispensable in order to give corrosion resistance, it becomes important specifying [of a content] it. Since the amount of Fe(s) decreased relatively and became the fall factor of flux density from the point of magnetic properties, made it usually, more desirable, although it is effective in respect of corrosion resistance if the amount of Cr (s) increases to reduce the content of Cr as much as possible. That is, as for the amount of Cr(s), as raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel, it is effective to stop to the minimum addition which can maintain corrosion resistance, and to raise magnetic properties. The amount of Cr(s) was made into 7 mass % - 15 mass % in this invention. Since corrosion resistance would fall from test examination if the content of Cr is less than 7 mass %, this reason carried out the minimum to more than 7 mass % at least. Since flux density fell to coincidence by the above-mentioned reduction for Fe of radical underground, the upper limit was made below into 15 mass % which becomes the optimal by relation with the magnetic properties at it. It is because the fall of flux density will be remarkable and aggravation of magnetic properties will not be avoided, if the amount of Cr(s) exceeds 15 mass %. Moreover, magnetic properties to below 11.5 mass % of especially the upper limit of Cr content is desirable.

[0011] It has the operation which iron loss is decreased and makes specific resistance and permeability high while Si in raw material powder (silicon) is effective, and makes electric resistance increase and improves the responsibility of a solenoid valve to corrosion resistance. However, if a lot of Si is dissolved and given to raw material powder, powder will be hardened and compressibility will be spoiled. From this, in this invention, the amount of Si of soft magnetism stainless steel impalpable powder was carried out to making it contain more than 1.0 mass % in order to make specific resistance and permeability high, while it compensated the corrosion resistance by reduction of Above Cr. An upper limit stops a content to 4 mass % in order to secure powdered compressibility. In order to demonstrate the above-mentioned operation further, the compressibility of soft magnetism stainless steel impalpable powder cannot be spoiled by giving from the exterior of soft magnetism stainless steel impalpable powder by using Si as Si impalpable powder, but Si can also be added more in a large quantity. However, if the amount of Si under whole presentation exceeds 6.5 mass %, it will become large bad falling [of the flux density by reduction for Fe] magnetic properties, and the toughness of a sinter will be spoiled. For this reason, the upper limit of Si content is carried out to to 6.5 mass % in the amount of Si in granulation powder.

[0012] It is also possible to change to the above-mentioned Si powder and to use Fe-Si impalpable powder. Since hardness is lower than Si powder, compressibility is improved, but since magnetic properties also fall, Fe-Si impalpable powder is not desirable, while the amount of Fe-Si added in order to secure the required amount of Si will increase and reducing the corrosion resistance of a base, if Si content uses the Fe-Si impalpable powder of under 10 mass %. Therefore, as Fe-Si impalpable powder, Si content is specified as the thing more than 10 mass % at least.

[0013] In addition, aluminum is the purpose of corrosion resistance improvement and improvement in the magnetic properties by the increment in specific resistance, and grant of the cold-working nature according to an improvement of toughness further, and, generally is especially contained in raw material powder in the soft magnetism stainless steel of an ingot. However, aluminum is an element which is easy to oxidize, when it dissolved and gives into powder, it becomes the factor which is easy to form a firm oxide skin in a powder front face, and checks advance of sintering, and for removal of an oxide skin, heating by the high vacuum is needed. Rather than the effectiveness of the improvement required for processing since powder-metallurgy processing which manufactures a product to a near net shape is adopted in this invention in toughness The effectiveness by the factor exclusion which checks advance of sintering is larger, and it is secured by Above Cr about corrosion resistance. Moreover, excluding content of aluminum also from being secured by Above Si also about specific resistance, also in order to avoid the fall of the flux density by reduction for Fe presupposed that it is indispensable from the improvement serious consideration in the engine performance. However, since aluminum is added as a deoxidizer in a molten metal at the time of powder production, and a degree of sintering is not influenced about content of aluminum of extent which remains in powder as an unescapable impurity, naturally this invention is permitted.

[0014] a degree of sintering is improved with the above powder configurations, without attaching a blemish to metal mold, while preventing generating of bridging by preparing the soft magnetism stainless steel impalpable powder containing the above-mentioned component or soft magnetism stainless steel impalpable powder, Si impalpable powder, or Fe-Si impalpable powder, corning those impalpable powder, and considering as granulation powder -- making -- a sintered density ratio -- 90% or more of product -- manufacture -- it becomes easy. Since corrosion resistance would also fall by pitting corrosion by the fall of magnetic properties, such as flux density, arising, and pore increasing if less than 90%, the sintered density ratio made it indispensable to make it to 90% or more.

[0015] Furthermore, if it explains in full detail, as for the above-mentioned soft magnetism stainless steel impalpable powder or the above-mentioned soft magnetism stainless steel impalpable powder, Si impalpable powder, or Fe-Si impalpable powder, it is desirable that it is impalpable powder smaller than the grain size (mean particle diameter) of 40 micrometers, granulation of it will be carried out and it will be used with the gestalt of the granulation powder whose mean particle diameter is 10-150 micrometers. With stainless steel impalpable powder, Si impalpable powder, or Fe-Si impalpable powder being the magnitude exceeding the grain size of 40 micrometers, the homogeneity dispersibility to radical underground is missing, and the fluidity at the time of granulation processing etc. worsens. Moreover, as granulation powder, the effectiveness of a granulation is scarce in it being 10 micrometers or less in mean particle diameter, and the restoration nature to a powder-compacting die also worsens. If granulation powder exceeds the mean particle diameter of 150 micrometers, since the pack density at the time of powder molding will fall, a sintered density ratio will be less than 90%, and while magnetic properties and corrosion resistance fall, dimensional accuracy also worsens.

[0016] The corning method the above-mentioned granulation is general is applied. That is, the mixed powder with the above-mentioned stainless steel impalpable powder and stainless steel impalpable powder and Si impalpable powder, or Fe-Si impalpable powder is corned by granulators, such as tumbling granulator and a mixed agitation granulation machine, using the water or the alcoholic solution of the organic substance, such as polyvinyl alcohol, a polyvinyl pyrrolidone, and a wax, or said organic substance as a binder. It does not interfere with a high-velocity-forming machine like a rotary press in equipment, either. Moreover, in said binder, a plasticizer and a dispersant may be added suitably.

[0017] in addition, as raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel In the

granulation powder which the above-mentioned mean particle diameter corned to 10-150 micrometers. If the amount of Si makes it 1.0 - 6.5 mass %, while distribution of Si will be uniform, and magnetic properties will be made more to fitness, while a degree of sintering is improved and the product of 90% or more of density ratios is obtained certainly and the fluidity of raw material powder will be improved. Generating of bridging at the time of restoration is prevented, homogeneity restoration is made easy, and further, raw material powder prevents a possibility of entering the clearance between metal mold, and becomes extensible about a mold life.

[0018] If it is not limited especially about components other than above Cr, Si, and aluminum used for the raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel of this invention and advance of sintering is not checked, it will not interfere, even if it contains other elements in the range known conventionally. Next, the presentation range recommended to the raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel of this invention is outlined as the example.

[0019] Although Mo is an element which improves corrosion resistance, a lot of addition causes aggravation of magnetic properties. For this reason, an upper limit is made below into 2.0 mass % in case it is made to contain. Although S reduces corrosion resistance, it lowers the surface tension of molten steel, and effectiveness is in impalpable powder-ization of the powder by the atomizing method, and it is effective also in the machinability improvement of a product. For this reason, when making it contain, it is desirable to stop below to at most 0.1 mass %.

[0020] As for Ti or Nb, adding is also useful in order to control the effect of N harmful to magnetic properties, and C harmful to corrosion resistance and magnetic properties. That is, Ti and Nb make C and N, carbide, or a nitride form and defang, and contribute to an improvement of corrosion resistance and magnetic properties. However, if Ti content increases, the diaphragm of the nozzle of a molten metal and the problem of lock out by the atomizing method will occur, and if Nb content increases, the problem to which powdered hardness increases and compressibility falls will occur. Moreover, a lot of content of Ti or Nb makes crystal grain make it detailed, and reduces magnetic properties on the contrary. For this reason, when making it contain, it is desirable to make an upper limit into 0.5 mass %.

[0021] This invention can obtain the sintering soft magnetism stainless steel which was excellent with the above-mentioned corrosion resistance, magnetic properties, etc. by using the soft magnetism stainless steel raw material powder which contains the above element (Mo, S, Ti, Nb) in a presentation.

[0022]

[Example] Hereafter, it clarifies according to an example about the property of the sintering soft magnetism stainless steel using the raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel of this invention.

[0023] [Example 1] This example is an example of a trial which supported claims 1, 3, and 4 of this invention, and investigated the presentation of the raw material powder for stainless steel and granulation powder, and the stainless steel engine performance using it. In the trial, it corned carrying out continuous supply of the polyvinyl-pyrrolidone 5% solution which uses methyl alcohol as a solvent as a binder first using the stainless steel powder (stainless steel impalpable powder) of the presentation (each component used impalpable powder with a mean particle diameter of 40 micrometers or less) shown in Table 1 at rolling fluidized-bed-granulation equipment, and the granulation powder of the mean particle diameter described in the left column of Table 1 was obtained. Subsequently, about the mixed powder which added zinc stearate 0.8 mass % as shaping lubricant to each obtained granulation powder, and was mixed to it, by compacting pressure 5 t/cm², after fabricating in the ring configuration of $\phi 50$ mm x $\phi 30$ mm x 5 mm and sintering at 1350 degrees C in a hydrogen gas ambient atmosphere for 3 hours, 850 degree-C x 2 time amount annealed in the vacuum, and the ring configuration test piece (this inventions 1-5 and examples 1-4 of a comparison) was created.

[0024]

[Table 1]

		ステンレス鋼粉末													造粒粉末		備 考
		成分組成 質量%													平均粒径	平均粒径	
		Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Ti	Nb	μm	μm	
本発明	1	残部	0.009	1.00	0.15	0.014	0.007	11.2	0.21	0.01	0.015	0.01			9.2	102	
	2	残部	0.009	1.33	0.10	0.012	0.031	13.2	0.05	0.02	0.018	0.05	0.22		10.1	121	
	3	残部	0.015	2.02	0.12	0.015	0.005	7.8	0.05	1.59	0.012	0.02			15.9	85	
	4	残部	0.011	3.02	0.13	0.012	0.010	9.5	0.04	0.03	0.014	0.04			9.5	110	
	5	残部	0.011	3.45	0.23	0.011	0.004	9.5	0.08	0.02	0.019	0.01		0.31	11.5	106	
比較例	1	残部	0.011	3.02	0.13	0.012	0.010	9.5	0.04	0.03	0.014	0.04			9.5	造粒なし	造粒なし(微粉)
	2	残部	0.008	2.02	0.39	0.016	0.006	6.5	0.09	0.10	0.015	0.07			11.1	96	Cr量下限外
	3	残部	0.010	5.22	0.25	0.020	0.006	13.8	0.03	0.04	0.018	0.02	0.2		10.2	106	Si量上限外
	4	残部	0.012	4.12	0.12	0.014	0.007	11.8	0.06	0.03	0.017	0.03			132.0	造粒なし	造粒なし(粗粉)

[0025] About each above-mentioned test piece, 100 times, the 50 primary side secondary coil of the evaluation was carried out, and it was performed by measuring the B-H curve of a direct current and an alternating current. In Table 2, as direct-current magnetic properties, H_c shows B2000 and coercive force and μ_m shows permeability for flux density [in / in the field strength of each test piece / 2000 (A/m)]. As alternating current magnetic properties, the iron loss value of excitation flux density 1T (one tesla) is set to W (1T / 50Hz) on the frequency of 50Hz, and the frequency of 10kHz shows the iron loss value of excitation flux density 50mT as W (50mT / 10kHz). Moreover, in Table 2, sintered density ratio % and corrosion resistance were written together. Corrosion resistance performed the salt spray test of a brine solution 5%, and judged the rusting situation by viewing in 35 degree-Cx 30 hours. The visual result put ** mark about what a certain amount of rust generated [thing / O mark and / which rust generated on the whole surface mostly] about what generating of rust is not accepted in although it was not x mark and the whole surface.

[0026]

[Table 2]

		焼結	直流磁気特性			交流磁気特性		耐食性	備 考
		密度比 %	B ₂₀₀₀ T	H _c A/m	μ_m	W(1T/50Hz) W/kg	W(50mT/10kHz) W/kg		
本発明	1	94.8	1.38	76.4	2,700	8.6	92	○	
	2	95.1	1.35	73.2	3,040	8.9	93	○	
	3	95.4	1.34	80.1	2,860	8.3	85	○	
	4	94.7	1.36	72.8	2,630	9.8	82	○	
	5	95.6	1.39	79.7	2,620	9.1	75	○	
比較例	1	84.1	1.05	100.0	1,200	17.5	155	×	造粒なし(微粉)
	2	95.8	1.39	74.3	3,010	12.9	136	×	Cr量下限外
	3	88.1	1.00	91.3	1,520	8.5	95	△	Si量上限外
	4	84.2	1.08	41.3	1,520	11.9	108	×	造粒なし(粗粉)

[0027] The test piece (this inventions 1-5) using the granulation powder which corned the soft magnetism stainless steel impalpable powder corresponding to the invention in this application has good corrosion resistance, and Tables 1 and 2 show that magnetic properties are also excellent. Among the examples of a comparison, a sintered density ratio does not go up by the test piece (example 4 of a comparison) using the powder of the usual magnitude, but a corrosion resistance fall and the fall of flux density are accepted with it. Also with the test piece (example 1 of a comparison)

which does not perform a granulation even if it uses impalpable powder, similarly a sintered density ratio does not go up, but a corrosion resistance fall and the fall of flux density are accepted. In a test piece (example 2 of a comparison) with few amounts of Cr(s), corrosion resistance is bad and rust will be generated. Moreover, in the test piece (example 3 of a comparison) which has too many amounts of Si, while powdered compressibility worsens and a sintered density ratio falls, the fall of flux density and the fall of the alternating current magnetic properties by the side of a RF are accepted. That is, the predominance of using the granulation powder which corned the soft magnetism stainless steel impalpable powder of the invention in this application, and specifying mass % of [Cr and Si] the presentation components is clear from this example 1.

[0028] [Example 2] This example is an example of a trial which supported claim 2 of this invention and investigated the presentation of the raw material powder for stainless steel and granulation powder, and the stainless steel engine performance using it like the above. That is, Si powder (the example 6 of a comparison is the mean particle diameter 76, and is the impalpable powder with a mean particle diameter of 40 micrometers or less except it) or the Fe-Si powder (impalpable powder with a mean particle diameter of 40 micrometers or less) shown in Table 3 is added using the soft magnetism stainless steel impalpable powder of the test piece 4 of this invention used in the example 1, and granulation powder is created on the same conditions as an example 1, and creation and evaluation of each test piece as well as an example 1 are also performed here. The result was shown in Table 4. In addition, in Table 4, the value of this invention test piece 4 of the above-mentioned example 1 is written together for the comparison.

[0029]

[Table 3]

		Si 粉末		Fe-Si 粉末		全体組成中	造粒粉末	備 考
		平均粒径 μm	添加量 質量%	Si 量 質量%	平均粒径 μm	添加量 質量%	の Si 量 質量%	
本 発 明	4						3.0	110
	6	24	1.0				4.0	116
	7	8	1.0				4.0	116
	8			10.0	24.0	13.9	4.0	116
	9	24	3.6				6.5	116
比 較 例	5			5.0	24.0	49.0	4.0	116
	6	76	1.0				4.0	116
	7	24	4.0				6.9	116

[0030]

[Table 4]

		焼結	直流磁気特性			交流磁気特性		耐食性	備 考
		密度比 %	B ₂₀₀₀ T	H _c A/m	μ _e	W(1T/50Hz) W/kg	W(50mT/10kHz) W/kg		
本 発 明	4	94.7	1.36	72.8	2,630	9.8	82	○	
	6	96.3	1.37	70.7	3,140	7.1	62	○	
	7	97.0	1.40	70.0	3,210	6.9	60	○	
	8	95.6	1.36	73.0	2,980	7.3	68	○	
	9	96.1	1.23	68.7	3,420	5.8	54	○	
比 較 例	5	85.3	1.05	91.8	1,890	10.8	125	×	Fe-Si粉末Si量下限外
	6	88.3	1.15	87.0	2,150	10.3	102	△	Si 粉粒径上限外
	7	94.4	1.05	82.3	1,970	8.4	85	○	Si 添加量上限外

[0031] In Tables 3 and 4, if the test piece 4 and test pieces 6 and 7 of this invention are compared, flux density and permeability increase by addition of Si, reduction will be accepted and, as for coercive force and iron loss, the effectiveness of the improvement in magnetic properties will be accepted. Moreover, although it changes to Si powder and this invention test piece 8 using Fe-10Si has the same flux density, it turns out that the increment in coercive force and permeability and reduction of iron loss are accepted, and magnetic properties can be improved. However, in the test piece (example 6 of a comparison) using powder with as large Si as the mean particle diameter of 76 micrometers, a sintered density ratio does not improve, but corrosion resistance falls, generating of rust is also accepted and iron loss falls. Moreover, the part which a lot of Fe-5Si is needed in order to change into Si and to make equal the amount of Si under whole presentation in the test piece (example 5 of a comparison) using Fe-5Si, consequently is inferior to corrosion resistance increased too much, corrosion resistance deteriorated, and rust is generated. Moreover, all also of a sintered density ratio and magnetic properties are falling. As mentioned above, by adding [both] Si powder fines to this invention soft magnetism stainless steel impalpable powder, and coming to it, it can check that magnetic properties can be raised more. Moreover, even if it changes to Si impalpable powder and the amount of Si uses the Fe-Si impalpable powder more than 10 mass %, it can also check that the same effectiveness is acquired. Furthermore, although this invention test piece 9 whose amount of Si under whole presentation is 6.5% shows the magnetic properties in which permeability fell and iron loss was excellent at the maximum compared with this invention test pieces 4 and 6, since flux density falls along with the increment in Si, in the test piece (example 7 of a comparison) whose amount of Si under whole presentation is 6.9%, the fall of flux density is remarkable, and permeability can also check that it will fall remarkably if the amount of Si exceeds 6.5%.

[0032]

[Effect of the Invention] as mentioned above, by the raw material powder for sintering soft magnetism stainless steel of this invention, and the manufacture approach using it The fall of flux density is prevented by having optimized the amount of Cr(s), and the amount of Si especially, with corrosion resistance maintained. Furthermore, improve a moldability, while maintaining powdered powder properties, such as a fluidity, good by having corned stainless steel impalpable powder or having given Si which spoils compressibility like claim 2 as external addition, and having corned it, and are high-density. A specific resistance value and flux density are high, and soft magnetism stainless steel with low iron loss can be manufactured.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-275600
(P2002-275600A)

(43) 公開日 平成14年9月25日 (2002.9.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 3	C 2 2 C 38/00	3 0 3 S 4 K 0 1 8
B 2 2 F 1/00		B 2 2 F 1/00	B 5 E 0 4 1
			Y
	3/10		E
C 2 2 C 33/02		C 2 2 C 33/02	M
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-81300(P2001-81300)

(22) 出願日 平成13年3月21日 (2001.3.21)

(71) 出願人 000233572

日立粉末冶金株式会社
千葉県松戸市稔台520番地

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 浅香 一夫

千葉県松戸市稔台687

(72) 発明者 石原 千生

東京都葛飾区南水元4-2-17

(74) 代理人 100088708

弁理士 山本 秀樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末及びそれを用いた焼結軟磁性ステンレス鋼の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 焼結軟磁性ステンレス鋼用の原料材料として、圧縮成形性、耐食性及び磁気特性をともに改善し、従来品より数段優れた焼結軟磁性ステンレス鋼を製造可能にする。

【解決手段】 焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末は、質量比で、Cr:7~15%、Si:1~4%を含有するとともにAlを含有しない軟磁性ステンレス鋼微粉末を造粒して、平均粒径が10~150 μ mの造粒粉末になっている。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 質量比で、Cr：7～15%、Si：1～4%を含有するとともにAlを含有しない軟磁性ステンレス鋼微粉末を造粒して、平均粒径が10～150 μ mの造粒粉末になっている、ことを特徴とする焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末。

【請求項2】 請求項1に記載の軟磁性ステンレス鋼微粉末と、Si微粉末またはSi含有量が質量比で10%以上のFe-Si微粉末との混合粉末を造粒して、平均粒径が10～150 μ mの造粒粉末であるとともに前記造粒粉末のSi量が1質量%を超え6.5質量%以下になっている、ことを特徴とする焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末。

【請求項3】 前記軟磁性ステンレス鋼微粉末が、更に質量比で、Mo：2.0%以下、S：0.1%以下、Ti：0.5%以下、Nb：0.5%以下のうち少なくとも1種以上を含む請求項1又は2に記載の軟磁性ステンレス鋼用原料粉末。

【請求項4】 前記軟磁性ステンレス鋼微粉末のCr量が、質量比で、7.0～11.5%である請求項1から3の何れかに記載の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末。

【請求項5】 原料粉末に成形潤滑剤を混合し、該混合物を金型内に投入し、上下パンチで圧粉成形して得られた圧粉体を焼結する焼結軟磁性ステンレス鋼の製造方法において、前記原料粉末として、請求項1から4の何れかに記載の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末を用い、還元雰囲気中または真空中で焼結して密度比を90%以上にすることを特徴とする焼結軟磁性ステンレス鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車用電子燃料噴射弁等の耐食性を有する電磁部品に用いられる軟磁性ステンレス鋼用原料粉末及び該ステンレス鋼の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、自動車の排ガス規制の強化や省燃費などを背景として、自動車エンジンの電子制御による燃料噴射弁等の装置が、旧来のキャブレターに替わって、その装着率を伸ばしつつある。また、ABSセンサやトルクセンサ等の耐食性を必要とする磁気部品も需要を伸ばしてきている。

【0003】前記した燃料噴射弁等の電磁部品としては、耐食性や磁気特性が重要となり、特公平5-10419号等に開示されている如く、クロム系の軟磁性ステンレス鋼が主に用いられ、塑性加工や切削加工等の機械成形方法により製造される。しかし、自動車用電子燃料噴射弁等の電磁部品は、部品形状が複雑で、精度が厳しいため、機械加工性と、耐食性や磁気特性の両立が困難

であるとともに加工費が高くなるという問題がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】これらの問題を解決するため、特開平6-2077号等において、ステンレス鋼粉末を用いた粉末冶金による製造方法が提案されている。ただし、ステンレス鋼粉末は圧縮性が悪く、焼結密度が低いため耐食性及び磁気特性が悪くなる。また、粉末の焼結性は粉末の粒度が小さいほど良好であるが、流動性が悪く、型充填時にブリッジングが起りやすく、特に、部品形状が複雑な場合、均一充填が難しいことも重なり、焼結品の寸法精度が悪くなる問題や、粉末が金型の隙間に入り込み金型を傷つけ金型寿命が短くなる問題がある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記した課題を如何に解消するか検討を重ねてきた結果、焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末の組成構成及び造粒処理することにより、上記課題を解消できるとの確証に達し本発明を完成した。本発明の骨子は、磁気特性に優れた軟磁性ステンレス鋼微粉末の組成として、耐食性が維持される限度でCr量を低減させ、Alの含有を廃止し、磁気特性向上のためSi量を増量させた構成にし、更に造粒粉末として用いることにある。

【0006】請求項1と2の発明は焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末の基本構成を、請求項5の発明はそれを用いた製造方法を特定している。即ち、請求項1の原料粉末は、質量比で、Cr：7～15%（好ましくはCr：7～11.5質量%）、Si：1～4%を含有するとともにAlを含有しない軟磁性ステンレス鋼微粉末を造粒して、平均粒径が10～150 μ mの造粒粉末になっていることを特徴としている。請求項2の原料粉末は、前記軟磁性ステンレス鋼微粉末と、Si微粉末またはSi含有量が質量比で10%以上のFe-Si微粉末との混合粉末を造粒して、平均粒径が10～150 μ mの造粒粉末であるとともに前記造粒粉末のSi量が1質量%を超え6.5質量%以下になっていることを特徴としている。

【0007】請求項3と4は、前記した軟磁性ステンレス鋼微粉末の細部を特定したものである。請求項3は、軟磁性ステンレス鋼微粉末が更に質量比で、Mo：2.0%以下、S：0.1%以下、Ti：0.5%以下、Nb：0.5%以下のうち少なくとも1種以上を含む構成である。請求項4は、前記軟磁性ステンレス鋼微粉末のCr量が、質量比で、7.0～11.5%からなる構成である。

【0008】請求項5は、原料粉末に成形潤滑剤を混合し、該混合物を金型内に投入し、上下パンチで圧粉成形して得られた圧粉体を焼結する焼結軟磁性ステンレス鋼の製造方法において、前記原料粉末として、請求項1から4の何れかに記載の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉

末を用い、還元雰囲気中または真空中で焼結して密度比を90%以上にすることを特徴としている。

【0009】(構成説明)次に、以上の本発明の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末構成を数値限定の根拠を含めて詳細に説明する。

【0010】原料粉末中のCr(クロム)は、耐食性を付与するため必須であるが、含有量の特定が重要となる。通常はCr量が増加すると耐食性の点では有効であるが、磁気特性の点からは、Fe量が相対的に減少して磁束密度の低下要因となるためCrの含有量をできるだけ低減させた方が好ましい。即ち、焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末としては、Cr量は耐食性を維持できる最小限度の添加に止めて磁気特性を向上させることが有効である。本発明において、Cr量を7質量%~15質量%とした。この理由は、試験検討から、Crの含有量が7質量%を下回ると耐食性が低下するため、下限を少なくとも7質量%以上とした。同時に、上限は上記した基地中のFe分の減少により磁束密度が低下するためその磁気特性との関係で最適となる15質量%以下とした。Cr量が15質量%を超えると、磁束密度の低下が著しく磁気特性の悪化が避けられないからである。また、Cr含有量の上限は特に磁気特性から11.5質量%以下が好ましい。

【0011】原料粉末中のSi(珪素)は耐食性に対し有効で、かつ電気抵抗を増加させて電磁弁の応答性を改善するとともに、鉄損を減少させ固有抵抗、透磁率を高くする作用がある。但し、多量のSiを原料粉末に固溶して与えると粉末を硬くして圧縮性を損なう。このことから、本発明において、軟磁性ステンレス鋼微粉末のSi量は上記Crの低減による耐食性を補うとともに、固有抵抗、透磁率を高くするため1.0質量%以上含有させることとした。上限は、粉末の圧縮性を確保するため含有量を4質量%に止める。上記した作用をより一層発揮させるには、SiをSi微粉末として軟磁性ステンレス鋼微粉末の外部より与えることで軟磁性ステンレス鋼微粉末の圧縮性を損なわずより多量にSiを添加することもできる。しかし、全体組成中のSi量が6.5質量%を超えると、Fe分の減少による磁束密度の低下が大きく磁気特性が悪くなり、かつ焼結品の韌性を損なう。このため、Si含有量の上限は造粒粉末中のSi量で6.5質量%までとする。

【0012】上記Si粉末に替えてFe-Si微粉末を用いることも可能である。Fe-Si微粉末はSi粉末よりも硬さが低いいため圧縮性が改善されるが、Si含有量が10質量%未満のFe-Si微粉末を用いると、必要なSi量を確保するため添加するFe-Si量が多くなり、基地の耐食性を低下させるとともに、磁気特性も低下するため好ましくない。従って、Fe-Si微粉末としては、少なくともSi含有量が10質量%以上のものに特定される。

【0013】なお、Alは耐食性の向上、及び固有抵抗の増加による磁気特性の向上、更に韌性の改善による冷間加工性の付与の目的で、特に溶製の軟磁性ステンレス鋼においては一般に原料粉末中に含有されている。しかし、Alは酸化しやすい元素であり、粉末中に固溶して与えた場合、粉末表面に強固な酸化被膜を形成しやすく、焼結の進行を阻害する要因となり、酸化被膜の除去のためには高真空での加熱が必要となる。本発明においては、ニアネットシェイプに製品を製造する粉末冶金法を採用していることから加工に必要な韌性の向上の効果よりも、焼結の進行を阻害する要因排除による効果の方が大きく、かつ、耐食性については上記Crにより確保され、また固有抵抗についても上記Siにより確保されることから、Fe分の減少による磁束密度の低下を避けるためにも、Alの含有を省くことが性能向上重視から必須とした。但し、本発明は、Alが粉末作製時に溶湯中に脱酸剤として添加されることもあり、不可避不純物として粉末中に残留する程度のAlの含有については焼結性に影響しないため当然許容される。

【0014】以上のような粉末構成では、上記成分を含有する軟磁性ステンレス鋼微粉末、もしくは軟磁性ステンレス鋼微粉末とSi微粉末またはFe-Si微粉末を用意し、それらの微粉末を造粒して造粒粉末とすることにより、ブリッジングの発生を防止するとともに金型へ傷を付けることもなく、焼結性を向上させて焼結密度比90%以上の製品を製造容易となる。焼結密度比は、90%を下回ると磁束密度等の磁気特性の低下が生じ、また気孔が増加することによる孔食腐蝕により耐食性も低下するため90%以上にするを必須とした。

【0015】更に詳述すると、上記軟磁性ステンレス鋼微粉末、もしくは上記軟磁性ステンレス鋼微粉末とSi微粉末またはFe-Si微粉末は、粒度(平均粒径)40μmより小さな微粉末であることが好ましく、造粒処理して平均粒径が10~150μmの造粒粉末の形態で用いられる。ステンレス鋼微粉末とSi微粉末またはFe-Si微粉末は、粒度40μmを超える大きさであると基地中への均一分散性に欠け、造粒加工時の流動性等も悪くなる。また、造粒粉末としては、平均粒径10μm以下であると造粒の効果が乏しく、圧粉成型への充填性も悪くなる。造粒粉末が平均粒径150μmを超えると、粉末成形時の充填密度が低下するため、焼結密度比が90%を下回ることとなり、磁気特性及び耐食性が低下するとともに寸法精度も悪くなる。

【0016】上記した造粒は一般の造粒法が適用される。即ち、上記したステンレス鋼微粉末、また、ステンレス鋼微粉末とSi微粉末またはFe-Si微粉末との混合粉末は、バインダーとしてポリビニルアルコール、ポリビニルピロリドン、ワックス等の有機物や前記有機物の水またはアルコール溶液を用いて、転動造粒機や混合攪拌造粒機等の造粒装置により造粒される。装置的に

は、ロータリープレスのような高速成形機でも差し支えない。また、前記バインダー中には適宜可塑剤や分散剤を添加してもよい。

【0017】なお、焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末としては、上記した平均粒径が10～150 μ mに造粒した造粒粉末において、Si量が1.0～6.5質量%にすると、焼結性が改善され密度比90%以上の製品が確実に得られるとともにSiの分散が均一で磁気特性をより良好にでき、かつ、原料粉末の流動性が改善されるとともに、充填時のブリッジングの発生を防止して、均一充填を容易にし更に原料粉末が金型の隙間に入り込む虞を防いで金型寿命を延長可能となる。

【0018】本発明の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末に用いられる、上記のCr、Si、Al以外の成分については特に限定されるものではなく、焼結の進行を阻害するものでなければ、従来知られている範囲で他の元素を含有しても差し支えない。次に、その例として、本発明の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末に推奨される組成範囲を概説する。

【0019】Moは、耐食性を改善する元素であるが、多量の添加は磁気特性の悪化を招く。このため、含有させる際は上限を2.0質量%以下とする。Sは、耐食性を低下させるが、溶鋼の表面張力を下げ、アトマイズ法による粉末の微粉末化に効果があり、製品の被削性改善にも有効である。このため、含有させる場合は多くても0.1質量%以下に止めることが好ましい。

【0020】TiやNbは磁気特性及び耐食性に有害なCと、磁気特性に有害なNの影響を抑制するため、添加することも有用である。即ち、TiやNbは、C及びNと炭化物または窒化物を形成し無害化させて耐食性及び磁気特性の改善に寄与する。しかし、Ti含有量が多くなるとアトマイズ法による溶湯のノズルの絞りや閉塞の*

*問題が発生し、Nb含有量が多くなると粉末の硬さが増加して圧縮性が低下する問題が発生する。また、TiやNbの多量の含有は結晶粒を微細化させて、磁気特性をかえて低下させる。このため、含有させる場合は上限を0.5質量%とすることが好ましい。

【0021】本発明は、以上の元素(Mo、S、Ti、Nb)を組成に含む軟磁性ステンレス鋼原料粉末を使用することにより、上記した耐食性及び磁気特性等により優れた焼結軟磁性ステンレス鋼を得ることができる。

【0022】

【実施例】以下、本発明の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末を用いた焼結軟磁性ステンレス鋼の特性について実施例により明らかにする。

【0023】[実施例1]この実施例は本発明の請求項1、3、4に対応しており、ステンレス鋼用原料粉末の組成及び造粒粉末、それを用いたステンレス鋼性能を調べた試験例である。試験では、まず、表1に示す組成(各成分は平均粒径40 μ m以下の微粉末を用いた)のステンレス鋼粉末(ステンレス鋼微粉末)を用い、バインダーとしてメチルアルコールを溶媒とするポリビニルピロリドン5%溶液を転動流動造粒装置に連続的供給しながら造粒して、表1の左欄に記した平均粒径の造粒粉末を得た。次いで、得られた各造粒粉末に成形潤滑剤としてステアリン酸亜鉛0.8質量%を添加して混合した混合粉末について、成形圧力5t/cm²で、 ϕ 50mm \times ϕ 30mm \times t5mmのリング形状に成形し、水素ガス雰囲気中で1350℃で3時間焼結した後、真空中で850℃ \times 2時間の焼鈍してリング形状試験片(本発明1～5と比較例1～4)を作成した。

【0024】

【表1】

		ステンレス鋼粉末													造粒粉末		備 考	
		成分組成 質量%													平均粒径	平均粒径		
															μm	μm		
		Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Ti	Nb				
本発明	1	残部	0.009	1.00	0.15	0.014	0.007	11.2	0.21	0.01	0.015	0.01				9.2	102	
	2	残部	0.009	1.33	0.10	0.012	0.031	13.2	0.05	0.02	0.018	0.05	0.22			10.1	121	
	3	残部	0.015	2.02	0.12	0.015	0.005	7.8	0.05	1.59	0.012	0.02				15.9	85	
	4	残部	0.011	3.02	0.13	0.012	0.010	9.5	0.04	0.03	0.014	0.04				9.5	110	
	5	残部	0.011	3.45	0.23	0.011	0.004	9.5	0.08	0.02	0.019	0.01		0.31		11.5	106	
比較例	1	残部	0.011	3.02	0.13	0.012	0.010	9.5	0.04	0.03	0.014	0.04				9.5	造粒なし	造粒なし(微粉)
	2	残部	0.008	2.02	0.39	0.016	0.006	6.5	0.09	0.10	0.015	0.07				11.1	96	Cr量下限外
	3	残部	0.010	5.22	0.25	0.020	0.006	13.8	0.03	0.04	0.018	0.02	0.2			10.2	106	Si量上限外
	4	残部	0.012	4.12	0.12	0.014	0.007	11.8	0.06	0.03	0.017	0.03				132.0	造粒なし	造粒なし(粗粉)

【0025】評価は、上記各試験片について、1次側100回、2次側50回巻線し、直流と交流のB-H曲線を測定して行った。表2において、直流磁気特性として

は各試験片の磁界強さ2000(A/m)における磁束密度をB2000、保磁力をHc、透磁率を μ mで示している。交流磁気特性としては周波数50Hzで励磁

束密度1T(1テスラ)の鉄損値を $W(1T/50Hz)$ とし、周波数10kHzで励磁磁束密度50mTの鉄損値を $W(50mT/10kHz)$ として示している。また、表2には焼結密度比と耐食性を併記した。耐蝕性は、5%食塩水溶液の塩水噴霧試験を行い、35℃×30時間で発錆状況を目視により判断した。目視結果は、*

* 錆の発生が認められないものについては○印、ほぼ全面に錆が発生したものについては×印、全面ではないがある程度の錆が発生したものについては△印を付けた。

【0026】

【表2】

	焼結 密度比 %	直流磁気特性			交流磁気特性		耐食性	備 考
		B_{max} T	H_c A/m	μ_s	$W(1T/50Hz)$ W/kg	$W(50mT/10kHz)$ W/kg		
本 発 明	1	94.8	1.38	76.4	2,700	8.6	92	○
	2	95.1	1.35	73.2	3,040	8.9	93	○
	3	95.4	1.34	80.1	2,860	8.3	85	○
	4	94.7	1.36	72.8	2,630	9.8	82	○
	5	95.6	1.39	79.7	2,620	9.1	75	○
比 較 例	1	84.1	1.05	100.0	1,200	17.5	155	×
	2	85.8	1.39	74.3	3,010	12.9	136	×
	3	88.1	1.00	91.3	1,520	8.5	95	△
	4	84.2	1.08	41.3	1,520	11.9	108	×

【0027】表1、2より、本願発明に対応する軟磁性ステンレス鋼微粉末を造粒した造粒粉末を用いた試験片(本発明1~5)は、耐食性が良好で磁気特性も優れていることが判る。比較例のうち、通常の大サイズの粉末を用いた試験片(比較例4)では、焼結密度比が上らず耐食性の低下、磁束密度の低下が認められる。微粉末を用いても造粒を行わない試験片(比較例1)でも、同様に焼結密度比が上らず耐食性の低下、磁束密度の低下が認められる。Cr量が少ない試験片(比較例2)では耐食性が悪く錆が発生してしまう。また、Si量が多すぎる試験片(比較例3)では粉末の圧縮性が悪くなり、焼結密度比が低下するとともに、磁束密度の低下、高周波側での交流磁気特性の低下が認められる。即ち、この実施例1からは、本願発明の軟磁性ステンレス鋼微粉末を造粒した造粒粉末を用いること、組成成分のうちCrとSiの質量%を特定することの優位性が明らかである。

る。

【0028】[実施例2] この実施例は本発明の請求項2に対応しており、前記と同様にステンレス鋼用原料粉末の組成及び造粒粉末、それを用いたステンレス鋼性能を調べた試験例である。即ち、ここでは、実施例1で用いた本発明の試験片4の軟磁性ステンレス鋼微粉末を用いて、表3に示すSi粉末(比較例6は平均粒径76で、それ以外は平均粒径40μm以下の微粉末)またはFe-Si粉末(平均粒径40μm以下の微粉末)を添加し、実施例1と同じ条件で造粒粉末を作成し、また、各試験片の作成及び評価も実施例1と同様に行ったものである。その結果は表4に示した。なお、表4には比較のため上記実施例1の本発明試験片4の値を併記してある。

【0029】

【表3】

		Si 粉末		Fe-Si 粉末		全体組成中の Si 量 質量%	造粒粉末 平均粒径 μm	備 考
		平均粒径 μm	添加量 質量%	平均粒径 μm	添加量 質量%			
本 発 明	4					3.0	110	
	6	24	1.0			4.0	116	
	7	8	1.0			4.0	116	
	8			10.0	24.0	13.9	4.0	116
	9	24	3.6			6.5	116	
比 較 例	5			6.0	24.0	49.0	4.0	116 Fe-Si 粉末 Si 量下限外
	6	76	1.0			4.0	116	
	7	24	4.0			6.9	116	Si 粉粒径上限外

【0030】

* * 【表4】

		焼結 密度比 %	直流磁気特性			交流磁気特性		耐食性	備 考
			B ₂₀₀₀ T	H _c A/m	μ _h	W(1T/50Hz) W/kg	W(50mT/10kHz) W/kg		
本 発 明	4	94.7	1.36	72.8	2,630	9.8	82	○	
	6	96.3	1.37	70.7	3,140	7.1	62	○	
	7	97.0	1.40	70.0	3,210	8.9	60	○	
	8	95.6	1.36	73.0	2,980	7.3	68	○	
	9	96.1	1.23	68.7	3,420	5.8	54	○	
比 較 例	5	85.3	1.05	91.8	1,890	10.8	125	×	Fe-Si 粉末 Si 量下限外
	6	88.3	1.15	87.0	2,150	10.3	102	△	Si 粉粒径上限外
	7	94.4	1.05	82.3	1,970	8.4	65	○	Si 添加量上限外

【0031】表3、4において、本発明の試験片4と試験片6、7を比較すると、Siの添加により磁束密度及び透磁率は増加し、保磁力及び鉄損は減少が認められ、磁気特性向上の効果が認められる。また、Si粉末に替えてFe-10Siを用いた本発明試験片8は磁束密度が同じであるが、保磁力及び透磁率の増加、鉄損の減少が認められ磁気特性を向上できることが判る。しかし、Siが平均粒径76μmと大きい粉末を用いた試験片（比較例6）では焼結密度比が向上せず、耐食性が低下して錆の発生も認められ、鉄損が低下する。また、Siに変えてFe-5Siを用いた試験片（比較例5）では、全体組成中のSi量を等しくするためには多量のFe-5Siが必要となり、その結果、耐食性に劣る部分が多くなりすぎて耐食性が劣化し錆が発生している。また、焼結密度比、磁気特性も全て低下している。以上より本発明軟磁性ステンレス鋼微粉末にSi粉末微粉を添加して共に造粒することにより、磁気特性をより向上させることができることが確認できる。また、Si微粉末に替えてSi量が10質量%以上のFe-Si微粉末を

用いても同様の効果が得られることも確認できる。更に、全体組成中のSi量が6.5%の本発明試験片9は本発明試験片4、6に比べて透磁率が最大で鉄損が低下し優れた磁気特性を示すが、Siの増加につれて磁束密度が低下するため全体組成中のSi量が6.9%の試験片（比較例7）では磁束密度の低下が著しく、また透磁率もSi量が6.5%を越えると著しく低下することが確認できる。

【0032】

【発明の効果】以上のように、本発明の焼結軟磁性ステンレス鋼用原料粉末及びそれを用いた製造方法では、特に、Cr量及びSi量を最適化したことで、耐食性を維持したまま磁束密度の低下を防止し、更に、ステンレス鋼微粉末を造粒したことや、請求項2の如く圧縮性を損なうSiを外部添加として与えて造粒したことで粉末の流動性等の粉末特性を良好に維持するとともに成形性を改善し、高密度で、固有抵抗値及び磁束密度が高く、鉄損の低い軟磁性ステンレス鋼を製造できる。

フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 2 2 C	38/18	C 2 2 C	38/18
	38/28		38/28
H 0 1 F	1/20	H 0 1 F	1/20
	1/22		1/22
(72)発明者	加藤 欽之 青森県八戸市河原木海岸4-44 株式会社 アトミックス内	(72)発明者	渡邊 篤 青森県八戸市河原木海岸4-44 株式会社 アトミックス内
(72)発明者	中林 興栄 青森県八戸市河原木海岸4-44 株式会社 アトミックス内	F ターム(参考)	4K018 AA33 BA17 BB04 BC11 CA12 DA31 5E041 AA11 AA19 BD01 CA10 HB03 HB05 HB19 NN01